

# Licht statt Kabel

ELEKTRONEN AUFGEPASST, HIER KOMMEN DIE PHOTONEN!

Überall dort, wo es heute Probleme mit aufwendiger Verkabelung, elektrischen Störungen oder der Baugröße von Sensoren gibt, könnte die Optronik eine deutlich verbesserte Alternative zur Elektronik sein. An einem neuen, interdisziplinären Sonderforschungsbereich des Instituts für Transport-Automatisierungstechnik (ITA) arbeiten Wissenschaftler daran, elektrische Strukturen durch optische Strukturen zu ersetzen.

Die Welt der Elektronik hat sich seit ihren Anfängen am Ende des 19. Jahrhunderts ständig weiterentwickelt und immer wieder neue Maßstäbe für Miniaturisierung und Effizienz gesetzt. Angefangen von Vakuumröhren (Elektronenröhren) und Trioden bis zu Transistoren, bei denen mittlerweile hohe Einbaudichten von mehr als 6 Millionen Bauteilen/mm<sup>2</sup> erzielt wurden, haben die Abmessungen von elektronischen Komponenten deutlich abgenommen und liegen heutzutage im Bereich von wenigen Nanometern – wenige milliardstel Teile eines Meters. Mit der Drucktechnik beschreitet die Produktion elektronischer Systeme einen weiteren Schritt in Richtung einer höheren Integration flächiger Systeme und paralleler Massenproduktion. Die elektronischen Bauelemente stoßen allerdings bezüglich der Miniaturisierung und der Signalübertragung langsam an ihre Grenzen. Die elektromagnetische Verträglichkeit bei höheren Baudichten und geringen Abständen zwischen den Strukturen bzw. Leitungen stellt eine Herausforderung dar und erzeugt einen erhöhten Bedarf an Signalfilterung und -stabilisierung. Moderne Leiterplatten als Träger dieser elektronischen Bauelemente sind der zentrale Baustein jedes elektronischen Systems und können bis zu zehn verschiedene Leiterbahnschichten enthalten. Sie müssen viele

Anforderungen, zum Beispiel bezüglich der Isolation oder der elektromagnetischen Verträglichkeit, erfüllen, um die heutigen Bandbreiten bei der Signalübertragung von mehr als 10 MHz zu gewährleisten, was die Hersteller vor ein immer komplexer werdendes Problem stellt.

Mit der Optik kommt eine bekannte und überall verfügbare elektromagnetische Strahlung zum Einsatz: Licht! In der Optoelektronik wird seit einem Jahrzehnt an optischen Leiterplatten geforscht, anhand derer die Datenübertragung via Lichtsignale realisiert wird, um die beschriebenen Defizite elektronischer Systeme zu beheben. Die Optoelektronik hat stets zwei Systemebenen. Die erste Ebene besteht aus den halbleiterbasierten Bauteilen wie zum Beispiel Photodioden oder LEDs, die die Vorschaltung sowie die Kopplung zwischen elektrischem und optischem Signal ermöglichen. Die zweite Ebene besteht aus den optischen Wellenleitern, die die Übertragungstrecke realisieren. Durch die Verbindung der zwei Ebenen treffen zwei unterschiedliche Technologien aufeinander, die auch unterschiedliche Materialien und Fertigungsverfahren verwenden. Ein Erfolg der optischen Leiterplatte ist von einer Anpassung dieser Technologien aufeinander während der Herstellung sowie der Bestückung abhängig.

Der seit dem 21. November 2012 von der deutschen Forschungsgemeinschaft eingerichtete und für die nächsten vier Jahre geförderte Sonderforschungsbereich »Transregio 123« geht noch einen Schritt weiter und führt den Begriff der Optronik ein. Dieser bezeichnet eine Technologie, die so weit wie möglich auf elektrische Bauteile verzichtet und ein Verschmelzen der beiden Ebenen ermöglicht. Im Forschungsvorhaben werden primär Polymere – chemische Verbindungen aus Ketten – oder verzweigten Molekülen, so genannte Makromoleküle – als Lichtquellen und empfänger, Lichtwellenleiter und vor allem auch für die Sensorik eingesetzt. Der Sonderforschungsbereich »Transregio 123« hat dabei das ambitionierte Vorhaben, erstmalig vollständig aus Polymeren bestehende, großflächige optische Lichtwellenleiter-Strukturen und daraus aufgebaute Sensornetzwerke zu realisieren. Basierend auf dem aktuellen Stand der Technik und Forschung werden hierfür neue Materialien und Methoden erforscht und entwickelt, um vollintegrierte und verteilte Sensornetzwerke in großformatige Polymerfolien zu implementieren.

Drei wichtige Aspekte müssen beim Einsatz optischer Signale als Ersatz für elektrische Signale beachtet werden. Als erstes können nur Effekte genutzt

werden, die eine messbare Änderung der physikalischen Eigenschaften von Lichtwellen verursachen. Aus diesen Änderungen können Messgrößen wie zum Beispiel Temperatur, Dehnung und Stoffkonzentrationen mit hoher Sensitivität abgeleitet werden. Ein Projektbereich des Sonderforschungsbereichs »TRR 123« widmet sich diesem Aspekt und umfasst die Modellierung, Charakterisierung und Realisierung miniaturisierter planarer Sensorstrukturen zur Umwandlung von physikalischen Messgrößen in optische Signale sowie zu deren Kalibrierung. Als Grundlage hierfür dienen bereits etablierte Technologien in der optischen Glasfaser-Technik, wie z.B. Bragg-Gitter zur Messung von Temperaturänderungen und mechanischen Spannungen. Weitere Beispiele sind so genannte Arrayed-Waveguide-Gratings oder auch Evaneszenzfeld-Sensoren – spezielle Technologien, die bereits in der optischen Telekommunikation oder der Analytik eingesetzt werden. Die Sensorik ist ein zentrales Thema des Sonderforschungsbereichs »TRR 123« und ermöglicht mit der Realisierung polymerbasierter optischer Mikrosysteme, diese auf Oberflächen zu integrieren und später bei An-

forderungen für den zweiten wichtigen Aspekt bei der Realisierung optischer bzw. optronischer Systeme definiert. Dieser Aspekt betrifft die Erforschung von Materialeigenschaften und ihrer Wechselwirkungen mit dem Ziel, optische Substrate zu realisieren, welche als Träger für Sensorik und Lichtwellenleiter dienen. Darüber hinaus werden in diesem Schwerpunkt die Lichtquellen und empfänger

Die Anpassung dieser organischen Lichtquellen an die Anforderung der Sensorsysteme und ihre polymerbasierte Kopplung und Kontaktierung stellt eine weitere Herausforderung für die nächsten vier Jahre dar.

Nachdem die optischen Strukturen wie Sensoren, Lichtquellen bzw. -empfänger, ihre Kopplungen und Kontaktierungen sowie ihre Polymere definiert sind, betrifft der drit-



Abbildung 1  
OLED auf einem flexiblen Trägersubstrat.

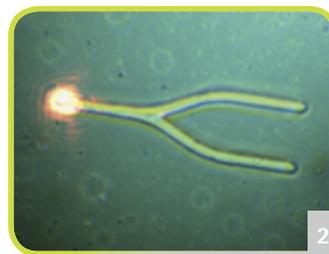


Abbildung 2  
In ein Trägersubstrat eingebettete Lichtwellenleiterstruktur.

te Aspekt die Erforschung von Prozesstechniken zur Herstellung dieser optischen Elemente mit der geforderten Qualität in unterschiedlichen Skalenbereichen. Für diesen Zweck werden bekannte Technologien wie der Offset- bzw. Flexodruck oder der Tintenstrahl- druck verwendet, um eine großflächige kostengünstige Massenproduktion von direkt auf Folienmaterial gedruckten optischen Strukturen zu er-

ger bereitgestellt sowie kontaktiert, damit die erforschten Sensoren betrieben werden können. Hierfür werden Folien hergestellt, die geprägte Mikro- und Nanostrukturen aufnehmen können. Dabei ist die Formstabilität der Polymere während der Herstellung und des Betriebs von wesentlicher Bedeutung, da die optischen Sensoren Genauigkeitsanforderungen im Mikrometerbereich stellen. Die Vision

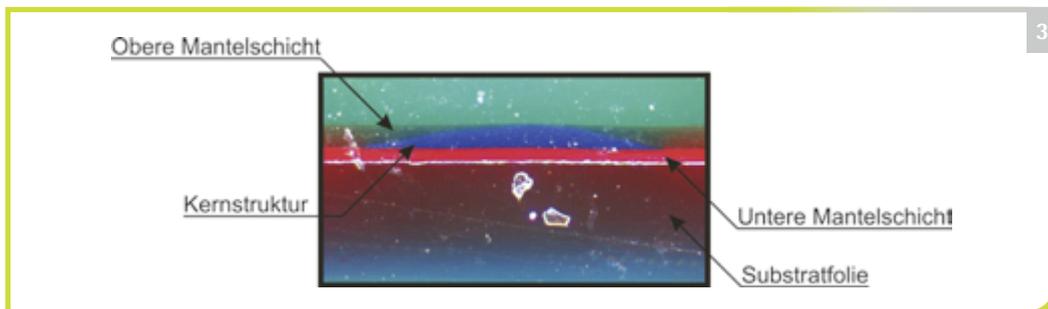


Abbildung 3  
Beispiel für eine beschichtete Wellenleiterstruktur, die auf eine Substratfolie gedruckt ist.

wendungen wie Monitoring in der Medizintechnik oder in der Lebensmittelüberwachung zu nutzen.

Mit diesem zentralen Projektbereich des Sonderforschungs-

der Optronik sieht darüber hinaus vollständig polymerbasierte Lichtquellen und -empfänger, wie sie bereits aus dem aktuellen Stand der Forschung im Bereich von OLEDs und OPDs bekannt sind, vor.

möglichen. Die Anwendbarkeit der genannten Technologien muss für die Herstellung optronischer Systeme untersucht werden, da die nötige Reduzierung der Produktionstoleranzen eine deutlich



**Dipl.-Ing. M. Bechir Hachicha**

Jahrgang 1984, ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Transport- und Automatisierungstechnik am PZH. Seine Arbeitsschwerpunkte sind Aufbau- und Verbindungstechnik. Kontakt: [bechir.hachicha@ita.uni-hannover.de](mailto:bechir.hachicha@ita.uni-hannover.de)



**Dipl.-Ing. Tobias Krühn**

Jahrgang 1981, ist wissenschaftlicher Mitarbeiter und Gruppenleiter am Institut für Transport- und Automatisierungstechnik am PZH. Seine Arbeitsschwerpunkte sind Aufbau- und Verbindungstechnik. Kontakt: [tobias.kruehn@ita.uni-hannover.de](mailto:tobias.kruehn@ita.uni-hannover.de)



**PD Dr. habil. Bernhard Roth**

Jahrgang 1970, ist Geschäftsführer und Wissenschaftlicher Leiter des Hannoverschen Zentrums für Optische Technologien (HOT) der Leibniz Universität Hannover. Seine Arbeitsschwerpunkte sind die Optischen Technologien und ihre Anwendungen. Kontakt: [bernhard.roth@hot.uni-hannover.de](mailto:bernhard.roth@hot.uni-hannover.de)



**Prof. Dr.-Ing. Ludger Overmeyer**

Jahrgang 1964, ist seit 2002 Leiter des Instituts für Transport- und Automatisierungstechnik an der Leibniz Universität Hannover. Seine Arbeitsschwerpunkte sind Fördertechnik, Automatisierungstechnik, Aufbau- und Verbindungstechnik. Prof. Overmeyer ist u.a. auch Vorstandssprecher des Hannoverschen Zentrums für Optische Technologien (HOT), das an dem Sonderforschungsbereich »TRR 123« beteiligt ist. Kontakt: [ludger.overmeyer@ita.uni-hannover.de](mailto:ludger.overmeyer@ita.uni-hannover.de)

größere Herausforderung als bei anderen Technologien wie etwa der Nanoimprint-Lithographie oder der Strukturierung von Polymeren mittels ultrakurzen Laserpulsen darstellt. Diese Technologien werden daher hinsichtlich ihrer Umsetzbarkeit erforscht und zur Herstellung von Wellenleiter-, Sensor- sowie Kontaktierungsstrukturen in diesem dritten Projektbereich des Sonderforschungsbereichs »TRR 123« neu konzipiert.

Die drei Projektbereiche des Sonderforschungsbereichs »TRR 123« umfassen die wichtigsten Aspekte bei der Realisierung optronischer Systeme. Damit sind optimale Startbedingungen für eine grund-

legende Erforschung vollständig polymerbasierter großflächiger Sensornetzwerke mit einem kompletten Verzicht auf elektronische Bauteile gegeben. Mit den führenden Instituten, die in diesem Bereich bereits Spitzenforschung betreiben, entsteht unter der Leitung von Professor Overmeyer vom Institut für Transport- und Automatisierungstechnik als Sprecher des Sonderforschungsbereichs »TRR 123« ein hochqualifiziertes Kompetenznetzwerk. Dieses Netzwerk umfasst Institute aus der Leibniz Universität Hannover, der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg sowie der Niedersächsischen Technischen Hochschule, die eine stabile

Grundlage für eine erstklassige interdisziplinäre Forschungsleistung anbieten, um die Ziele des Sonderforschungsbereichs »TRR 123« gemeinsam zu erreichen. Mit einer langfristigen Vision wollen die Projektpartner nach den ersten vier Jahren in die zweite Förderperiode gehen – mit dem Vorhaben der Konvergenz der gemeinsam erforschten und gesammelten Komponenten und Verfahren.

Nach der angestrebten Gesamtlaufzeit des Forschungsvorhabens von 12 Jahren soll Optronik großflächig und günstig herzustellen und ein-

zusetzen sein. Ziel ist es, großflächige Sensornetzwerke zu schaffen, die vollständig polymerbasiert sind und komplett auf elektronische Bauteile verzichten können. Durch den Verzicht auf Elektronik sind Anwendungen dann auch dort denkbar, wo die Umgebungseinflüsse bisher keine sensorische Überwachung zugelassen haben, beispielsweise in sensiblen Bereichen in der Medizin oder der Luftfahrt.

Das **Hannoversche Zentrum für Optische Technologien (HOT)**, hervorgegangen aus einer fachübergreifenden Initiative von Einrichtungen der Leibniz Universität Hannover und des Laser Zentrums Hannover, forscht auf dem Gebiet der optischen Technologien und ist Ansprechpartner für Institute, Industrie und mittelständische Unternehmen in Fragen der optischen Technologien und des Wissens- und Technologietransfers. In der Lehre koordiniert das HOT den Masterstudiengang Optische Technologien. Es gehört zu den Zielen des Zentrums, neue Forschungszweige zu schaffen und diese für Forschung, Lehre und Wissenstransfer nutzbar zu machen. Das HOT betreibt Grundlagenforschung und angewandte Forschung u.a. in den Bereichen (i) (Faser)Optische Sensorik, Analytik und Laserspektroskopie, (ii) aktive Mikrooptiken, (iii) Polymere Photonik, (iv) Mikroskopie in den Lebenswissenschaften sowie Simulation und Design in der Optik und ist für drei Teilprojekte in dem Sonderforschungsbereich »TRR 123« verantwortlich.